

## ⑫ 公開特許公報(A)

平3-178747

⑮ Int. Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成3年(1991)8月2日

B 23 Q 5/28

9028-3C

1/18

A

8107-3C

H 02 K 41/03

B

7740-5H

審査請求 未請求 請求項の数 4 (全9頁)

⑭ 発明の名称 2次元モータ式ステージ装置

⑯ 特 願 平1-317013

⑰ 出 願 平1(1989)12月6日

⑱ 発 明 者 富 田 良 幸 東京都田無市谷戸町2-4-15 住友重機械工業株式会社  
システム研究所内⑲ 発 明 者 佐 藤 文 昭 東京都田無市谷戸町2-1-1 住友重機械工業株式会社  
田無製造所内⑳ 発 明 者 伊 藤 一 博 東京都田無市谷戸町2-1-1 住友重機械工業株式会社  
田無製造所内

㉑ 出 願 人 住友重機械工業株式会 社 東京都千代田区大手町2丁目2番1号

㉒ 復代理人 弁理士 高橋 敬四郎

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

2次元モータ式ステージ装置

## 2. 特許請求の範囲

(1). 高透磁率の材料で構成され、2次元平面を画定するヨークと、

ヨーク上に2次元マトリクス状に配置され、交互に反転する極性をヨークの面方線方向に沿って有する複数の永久磁石と、

ヨーク上に近接配置される非磁性体のステージと、

ステージに固定され、ステージ面と平行に巻回され、該永久磁石から発する磁力線がヨークの面に対してほぼ垂直である範囲で該永久磁石と磁気結合することのできる複数のコアレスコイルを含むステージ駆動手段と

を有する2次元モータ式ステージ装置、

(2). さらに、前記ヨークを前記2次元平面内で前記2次元マトリクスの元間距離以上駆動するた

めのヨーク駆動手段を備える請求項1記載の2次元モータ式ステージ装置、

(3). 前記ステージが空気圧を利用したエアパッドによって浮上させられている請求項1記載の2次元モータ式ステージ装置、

(4). 前記ヨークの2次元平面が垂直面であり、前記エアパッドが磁石を含んで磁気力によって吸引され、空気圧によって浮上させられている請求項3記載の2次元モータ式ステージ装置、

## 3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明はステージ装置に関し、特に2次元面内で対象物を移動させる2次元モータ式ステージ装置に関する。

〔従来の技術〕

従来、対象物を2次元的に駆動する装置としては、平面内の1方向であるX軸方向について駆動を行うサーボモータとボールネジを備えたXステ

ージの上にY軸方向の駆動を行うサーボモータとボールネジを備えたYステージを重ねたXYステージ等が知られている。

ボールネジはガタやバックラッシュを完全に排除することはできない。また、サーボモータで発生した駆動力を対象物に伝えるには、途中で動力伝達機構や案内機構を介さねばならず、発生した駆動力を100%対象物に伝えることはできない。これは別の観点から見ると、何等かの機構部材等に歪み、弾性変形等を生じさせていることになる。

このような機構によっては、0.01 $\mu$ m程度以下の位置決め精度を実現することは困難である。

#### [発明が解決しようとする課題]

以上説明したような、サーボモータとボールネジによるステージ装置によっては、たとえば0.01 $\mu$ m以下の超精密XYステージを実現することは難しかった。

本発明の目的は、超精密精度を実現するのに適したステージ装置を提供することである。

ステージに吸引力または反発力が働くことは少なく、コイルに働く力の大部分はステージ面に平行な力になる。また、この力はコイルに直接働くので、コイルが取り付けられたステージの位置を制御するのに適している。

#### [実施例]

第1図(A)、(B)に本発明の1実施例によるXYステージ装置を示す。高透磁率の材料で形成されたヨーク11の上に格子状に多数の永久磁石12が固定されている。図においては、ヨーク11の面上で、磁石はヨークの面方線方向にN極あるいはS極を有するように配置されている。1つのN極の上下(Y方向)左右(X方向)をS極が取り囲むように、これらの磁極はX方向についても、Y方向についても交互に極性が反転するように配置されている。

たとえば、永久磁石12ijをマトリクス状に配置した時、その行の数iと列の数jの和が偶数の時S極が表面にでるように、奇数の時N極が表面

本発明の他の目的は、構造が簡単で遊びがなく、位置精度に優れたステージ装置を提供することである。

#### [課題を解決するための手段]

ヨーク面上に永久磁石を多数マトリクス状に配置し、その極性を交互に反転させる。永久磁石から発する磁力線がヨークに対してほぼ垂直に保たれている距離にステージに固定されたコイルを配置する。コイル内に電流が流れた時、その電流によるローレンツ力がステージの面にほぼ平行な方向に働くようにする。ステージ自身の荷重等はエアベアリング等の他の支持手段によって支える。

#### [作用]

ヨーク上に多数の永久磁石を配置し、その磁石から発する磁力線がヨークに対してほぼ垂直に保たれている位置にコイルを配すると、コイルに電流が流れた時、コイルに働くローレンツ力はコイルおよび磁力線にほぼ垂直な方向に働く。従って、

に出るように配置する。

第1図(B)に示すように、ヨーク11は支持体10から浮いた位置に配置されており、第1図(A)に示すように、駆動手段16a、16b、17によってX方向およびY方向に駆動される。図では、Y方向に2つの駆動手段16a、16bが配置され、X方向に1つの駆動手段17が配置されている。

このヨーク11上の永久磁石群12ijと対向するようにコイル14a、14b、14c、14d、14e、14fが配置されている。これらのコイル14a~14fはステージ13に固定されており、ステージ13を駆動する。図では明示していないが、ヨーク11は、エアベアリング、滑り軸受け等の手段によって、ベース10に対してZ、 $\theta$ X、 $\theta$ Y方向の拘束を受け、案内される。ステージ13もエアベアリング、滑り軸受け等の手段によって、Z、 $\theta$ X、 $\theta$ Y方向の拘束を受け案内される。図においては、ステージに固定されるコイルとして、2組のコイル14a、14b、1

4 e、1 4 f が Y 方向の駆動に用いられ、1 組のコイル 1 4 c、1 4 d が X 方向の駆動に用いられている。これらのコイルの個数は任意に選択できる。また、ステージ 1 1 の材料としては、セラミック、アルミニウム等の非磁性体を用いる。

第 1 図 (B) は第 1 図 (A) の I B - I B 線に沿う断面図であり、コイル 1 4 a、1 4 b が示されている。

コイル 1 4 a、1 4 b はヨーク 1 1 の永久磁石 1 2 i j と十分近接できる高さに支持される。ステージ 1 3 は非磁性体なので磁力線の分布にはほとんど影響しない。

ステージに働く力を第 2 図 (A) ~ (D) を参照して説明する。

ヨーク 1 1 の表面には、複数の永久磁石 1 2 がその極性を交互に反転させながら整列している。ヨーク 1 1 は高透磁率なので、ヨーク 1 1 内では磁力線は永久磁石の N 極から隣接する永久磁石の S 極に向って分布する。永久磁石の上側では、空気および非磁性体しか存在しないので、磁力線は

の方向に共に垂直な方向に向きを有すると近似できる。すなわち、図示の場合、磁力線がヨーク 1 1 の法線方向に向いているならば、力はヨーク 1 1 の表面と平行な方向に向う。このように、コイルのステージ 1 3 とほぼ平行な力を発生させることができ、ステージ 1 3 を有効に X Y 平面内に駆動することができる。図示の場合、コイル 1 4 a のピッチと、隣接する永久磁石間のピッチが適合しているので、隣接する磁石上に配置された 1 つのコイルの 2 つの辺に働く力は同じ向きとなる。また、隣接するコイル 1 4 b も永久磁石のピッチと同期しており、同じ向きにほぼ同等の力を発揮する。

ステージ 1 3 の位置、すなわち磁石 1 4 a ~ 1 4 f の位置をモニタしつつ、タイミングの合った時にコイルに電流を流すことにより、ステージ 1 3 を所望の平面内方向に駆動することができる。

第 2 図 (B) ~ (D) は、それぞれ Y 方向、X 方向、および Z 軸周りの回転方向にステージを駆動する場合を図示する。たとえば、第 2 図 (B)

閉じ込められず、開いた状態にある。磁石の中央付近から発する磁力線は、ある範囲に亘って磁力線 2 1 c のようにヨークの法線方向に沿って進む。永久磁石 1 2 の端部に近づくに従ってそこから発する磁力線は磁力線 2 1 e のように湾曲して隣接する永久磁石の反対極性の磁極に向う。ここで、注目すべきことは、磁石 1 2 の表面に十分近い位置においては、磁力線の大部分がヨーク 1 1 の法線方向に近い方向を向いていることである。この多くの磁力線が未だヨークの法線方向に近い方向にある領域にコイル 1 4 a、1 4 b の巻線が配置される。各コイルは、第 1 図 (A) に示すように X 軸、Y 軸に沿った矩形形状であるとする。短い辺の長さは 1 つの永久磁石の対応辺の長さより短く、長辺の長さは隣接する永久磁石にまたがる長さであるとする。

このような配置で、コイル 1 4 a に電流 I を流した時、短辺に生じるローレンツ力は

$$f \approx B I l$$

の大きさを持ち、電流の流れる方向および磁力線

においては、ステージ 1 3 を Y 方向に駆動する場合を示す。第 1 図 (A) に示す両端の 4 つのコイル 1 4 a、1 4 b、1 4 e、1 4 f が使用される。これらのコイルに、同時に図示のような電流を印加することにより、図中上向きの力を発生させる。この力によりコイルは + Y 方向に駆動される。

第 2 図 (C) はステージ 1 3 を X 方向に駆動する場合を示す。第 1 図 (A) に示すコイル 1 4 c、1 4 d を用いる。これらのコイルに図示の向きに電流を印加することにより、矢印方向の駆動力を生じさせることができる。この力の結果、ステージ 1 3 は + X 方向に駆動される。これらの例において、発生する合成力はステージ 1 3 の重心を通るように設計されている。

第 2 図 (D) は、Z 軸回りの回転方向に駆動する場合を示す。第 1 図 (A) に示すコイル 1 4 a、1 4 b、1 4 e、1 4 f の 4 つのコイルを用い、1 4 a、1 4 b の 1 組のコイルには - Y 方向に駆動力を発揮させる向きの電流、1 4 e、1 4 f の 1 組のコイルには + Y 方向に駆動力を発揮させる

向きの電流を印加する。この結果、ステージ13はZ軸回りの回転力を生じる。

ステージは非磁性材料で形成され、コイルもコアレスであるので、コイルに電流が流れていない時にはステージには磁気による力は働かない、電流が流れている時も、従来の磁気回路の磁気抵抗が最小の位置を求める構造とことなり、ステージとヨークとの間にはほとんど吸引力が働かない。タイミングを図って電流を流せばステージにはほとんどヨークと平行な力しか働かない。このためステージを保持する力も小さくてすむ。

なお、コイルの位置が移動し、磁力線の向きが変化すると、コイルに働く力は変化する。磁石間にはほとんどヨークの法線方向に磁力線のない領域もある。この領域でコイルに電流を流しても、たかだか吸引力や反発力が得られるのみである。

第3図(A)、(B)はステージ駆動のタイミングを説明するための断面図である。

第3図(A)において、ステージ13はヨーク11に対して所定の位置関係にあり、このヨーク

13が移動してきた時に、そのコイル14a、14bに電流を流すことによって、制動力を発揮させ、所望の点P2にステージ13を静止させることが可能となる。

このようなステージの駆動とその電流制御を第4図に示す。第4図において、横軸は時間を示し、縦軸はステージ位置、ヨーク位置およびコイルに印加する電流(2次元モータの推力)を示す。

時間 $t_1$ において、コイルと永久磁石との関係が良好な状態にあり、駆動電流 $i$ が印加される。この駆動電流はある時間 $\Delta t$ の間印加されるが、その後はオフにされると、すると、この時間 $\Delta t$ の間駆動力を与えられたステージ13はステージ面に平行な駆動力を与えられて並進運動を開始する。ステージに働く摩擦力が0であれば、駆動力が断たれた後もステージは並進運動を続けるのでその位置はリニアに変化する。この様子を第4図ステージ位置の直線部分で示している。

ステージを移動すべき目標位置P2において現在ヨーク11が有している配置を検討する。もし、

11は支持体10上に移動可能に支持されている。ヨーク11上の永久磁石12の位置と、ステージ13の位置とが適合に整合されており、ステージ13に固定されたコイル14a、14bに電流を流した時に、ステージ面と平行な、図中右向きの方向に駆動力が生じる配置にある。ここで、コイル14a、14bに電流を供給してステージを駆動すると、ステージは所望の方向に移動を始める。

ところで、ステージ13の中心位置をポイントP1からポイントP2まで移動させることを考える。ポイントP1からポイントP2間での距離が永久磁石のギャップ $g$ の整数倍でなく、中途半端な位置にある場合は、ポイントP2付近でコイルに有効な力を働かせることが難しくなる。そこで、ヨーク11の位置をピッチ以内の量微調整することによって、ヨーク11とステージ13との相互の位置関係を調整する。すなわち、第3図(B)に示すように、ヨーク11を駆動して所望の目標点P2に永久磁石12の中央点が位置されるようにする。このようにすることによって、ステージ

この目標位置P2において、ステージ13とヨーク11との関係が有効に駆動力を及ぼすのに適していない配置である場合には、ヨーク11を駆動してステージ13の駆動に適した位置に移動させる。この様子を第4図ヨーク位置の直線に示す。ヨークが目標位置まで駆動されたらば、ヨーク11を静止させる。その後ステージ13が目標位置に到達した時には、ヨーク11は駆動に適した配置にされているので、コイルに電流を流してステージ13に制動力を及ぼしステージ13を静止させる。これが第4図モータ推力の負側のパルスで示されている。

このようなヨーク11の駆動は、第1図(A)に示す駆動手段16a、16b、17によって行われる。これらの駆動手段は、変位を発生させる直進モータ、圧電素子等の駆動力源と第5図(A)、(B)に示すような結合手段とを介して行われる。

すなわち、まずステージ13をヨーク11上の最適位置に配置しておいて、所定のコイルに駆動

パルス電流を流す。この初期駆動によりステージ 1 3 はほぼ無抵抗の並進運動を開始する。次に、目標位置でステージ 1 3 を制動するのに好適な位置にヨーク 1 1 を変位させる。ステージ 1 3 が目標位置に近ずいたら制動して目標位置で停止させる。

第 5 図 (A) に示す結合手段は、剛体と見なせる円柱部分の 1 箇所において、半径を徐々に減少させ、断面が円形状に細くなる結合部分を設けた球面ヒンジを示す。この球面ヒンジは軸方法に対する剛性が高く、軸に直交する方向に対する剛性は低い。従って、軸方向に対する力は対象物に伝えるが、軸に直交する方向の力に対してはヒンジが弾性変形を起こすことによって駆動力を吸収する結合手段である。

第 5 図 (B) は 1 方向の駆動力に対してのみ弾性変形を行う結合手段を示す。図中、矩形断面の柱部材の 1 部において、その水平方向の幅が徐々に減少し、極小点を介して再び増大している。すなわち、この結合部材は、軸方向に対する力およ

を示す。

第 7 図 (A) においては、ステージ 1 3 はヨーク 1 1 よりも大きな面積を有する。このステージ 1 3 の周辺部 3 箇所にエアパッド 2 6、2 7、2 8 が設けられている。このエアパッドによってステージ 1 3 は剛性部材 2 3 に対して一定の間隔をおいて吸引される。

第 8 図に示すように、エアパッド 2 6、2 7、2 8 は周辺部に永久磁石 3 1 を備え、鉄等の磁性体で形成された剛性部材 2 3 に対して吸引力を発揮すると共に、中央部に空気吹出し口 3 2 を備えて、一定圧力の空気を吹出し、剛性部材 2 3 との間に空気層による間隙を保持する。間隔が狭まれば空気の押す力が強くなり、パッドは押し上げられる。間隔が広くなると空気の流れに対する抵抗が減り、磁石による吸引力が勝ってパッドは引き付けられる。

すなわち、エアパッド 2 6、2 7、2 8 はステージ 1 3 を剛性部材 2 3 に対して吸引させ、その距離を一定に保つ。ステージ 1 3 はその面内運

び上下方向に対する力に対しては強い剛性を示すが、水平方向の力に対しては剛性が低く、容易に弾性変形を行う。すなわち、この結合部材を用いると 3 次元的な空間において、図中の水平方向の変位のみを許容することになる。なお、これらの駆動手段 1 6、1 7 はヨークを駆動するために用いられるが、ヨークの支持は好ましくは別の手段によって行われる。

このようなヨーク部材ないしはステージ部材を支持する方式はいろいろ考えられる。第 6 図はその 1 例を示す。

第 6 図において、ヨーク 1 1 は鋼球 2 1、2 2 を介して剛性部材 2 3 上に配置され、スプリング 2 4 を介して剛性部材 2 3 に引き付けられている。すなわち、ヨーク 1 1 は鋼球 2 0、2 1、2 2 を介して剛性部材 2 3 に押し付けられている。鋼球 2 0、2 1、2 2 が滑り係合することによって、ヨーク 1 1 は剛性部材 2 3 に対して相対的な平面運動を行う。

第 7 図 (A)、(B) はステージの支持系の例

動に関してはほとんど抵抗を持たない。コイル 1 4 a ~ 1 4 f が永久磁石 1 2 との間に力を発揮し、ヨーク 1 1 の面に平行に駆動力を発揮すると、ステージ 1 3 はその面方向に沿って駆動力に従って運動する。この際、エアパッド 2 6、2 7、2 8 はほとんど摩擦力を示さないので、ステージ 1 3 が摩擦力によって歪む等ということが防止されている。

特にステージ 1 3 が垂直方向に配置された場合に、エアパッド 2 6、2 7、2 8 による支持は他の支持方式よりも優れた特徴を有する。すなわち、剛性部材 2 3 としては剛鉄製定盤のような弾性変形をほとんど起こさない剛性度の高いものを選ぶことができる。エアパッドはこれに対して一定の距離を保って直接吸着するので、エアパッドの位置は正確に位置決めすることが可能となる。ステージ 1 3 はこのエアパッド 2 6、2 7、2 8 によって直接支持されるので、ステージ全体としての変形を考慮する必要がほとんどない。

従来のエアーライド等によれば、支持柱の周

囲に揺動するエアースライダ部材が設けられているので、エアースライダに対する荷重が増加すると共に、支持柱が変形することが避け難かった。この変形はエアースライダが支持柱の上部にあるか下部にあるかによって異なるので、エアースライダ部材の位置による位置精度が異なってしまった。上に説明したエアパッド26、27、28はこのような位置による精度の変化を防止できる。

以上実施例に沿って説明したが、本発明はこれらに制限されるものではない。たとえば種々の変更、改良、組合せ等が可能なことは当業者に自明であろう。

第9図はSOR用の垂直型ステージを示す。SOR光がベース31内のダクトを水平方向に進み、ダクトの開口部に設けたマスク37を通過して出射する。このSOR光を受けるように、半導体ウエハ35がウエハチャック33上に載置される。このウエハチャック33はステージ13に固定されている。ステージ13は対向する一対のベース31、32の間に平行に配置され、一方のベース3

#### [発明の効果]

以上説明したように、本発明によれば、対象物を2次元的に駆動するための新規な構造の高精度のステージ装置が提供される。

特に、ステージが垂直方向に配置された垂直ステージにおいてその効果が大きい。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図(A)、(B)は本発明の実施例によるステージ装置であり、第1図(A)は平面図、第1図(B)は断面図、

第2図(A)～(D)はコイルに働く力を説明するための図であり、第2図(A)はコイルの働く力を説明するための概念図、第2図(B)はY方向の駆動、第2図(C)はX方向の駆動、第2図(D)はXY平面内での回転を示す該略図、

第3図(A)、(B)は駆動のタイミングを示す概念図であり、第3図(A)は駆動を開始する初期状態を示す図、第3図(B)は停止前の制動の状態を示す図、

1に対して磁石を備えたエアパッド26、27、28によって平行に案内され、他方のベース32に対してヨーク11、永久磁石12、コイル14を含む2次元モータによって駆動されている。ステージ13を支持するエアパッド26、27、28が永久磁石12、ヨーク11を支持するベース32とは別体のベース31に支持されるため、場所的制限が緩和され、ステージ13の寸法を小さくすることができる。

たとえば、ヨーク内に永久磁石を埋め込んでヨーク表面を水平としてもよい。

ステージに備えるコイルを多層化し、その位相を1/3ピッチづつずらして駆動することによれば、ヨークステージの動作スパンは小さくすることができる。この場合、駆動手段が駆動する大きさを小さくすることができる。この場合、磁力線の法線方向の成分により、ステージに生じる浮き沈みの力を全体としてバランスさせることも可能である。

第4図は駆動のタイミングチャートであり、横軸が時間を示し、縦軸がステージ位置、ヨーク位置、モータ推力を示す、

第5図(A)、(B)は結合手段の例を示す図であり、第5図(A)は球面ヒンジの斜視図、第5図(B)は1方向ヒンジの斜視図、

第6図(A)、(B)はヨーク支持系の1例を示す図であり、第6図(A)は側面図、第6図(B)は平面図、

第7図(A)、(B)は2次元モータ式ステージを概略的に示す図であり、第7図(A)は平面図、第7図(B)は断面図、

第8図はエアパッドの概略断面図、

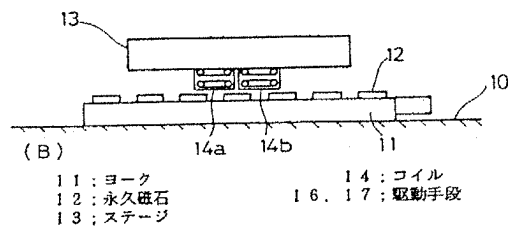
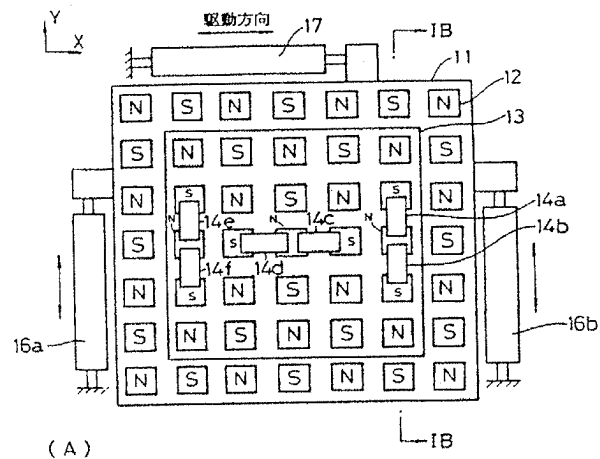
第9図はSOR用垂直型ステージの概略側面図である。

図において、

- |     |      |
|-----|------|
| 1 1 | ヨーク  |
| 1 2 | 永久磁石 |
| 1 3 | ステージ |

- 1 4          コイル  
 1 6、1 7    駆動手段  
 P 1          初期位置  
 P 2          目標位置  
 g            ギャップ

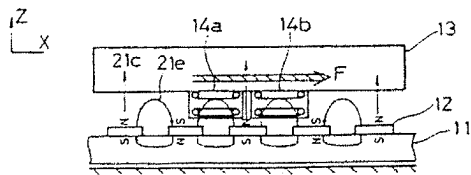
特許出願人 住友重機械工業株式会社  
 復代理人 弁理士 高橋 敏四郎



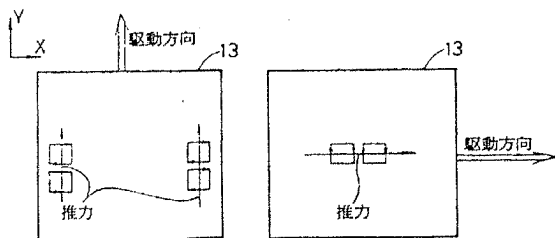
- 1 1 : ヨーク                      1 4 : コイル  
 1 2 : 永久磁石                1 6、1 7 : 駆動手段  
 1 3 : ステージ

本発明の実施例によるステージ装置

第 1 図

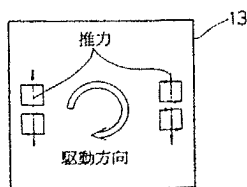


(A) 概念図



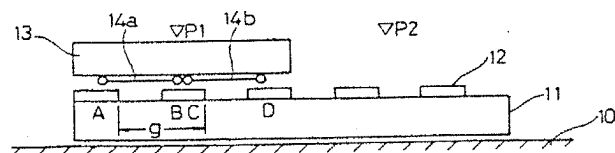
(B) Y方向駆動

(C) X方向駆動

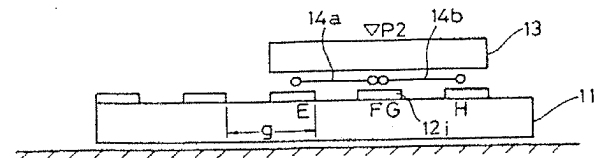


(D) XY平面内回転

コイルに働く力  
 第 2 図



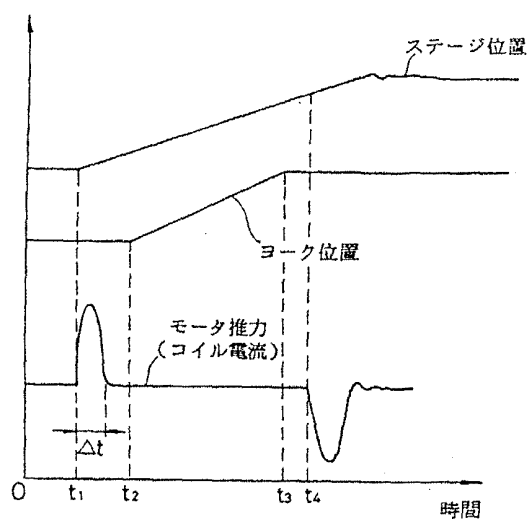
(A) 初期状態



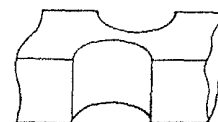
(B) 停止前の状態

- P 1 : 初期位置  
 P 2 : 目標位置  
 g : ギャップ  
 駆動のタイミング

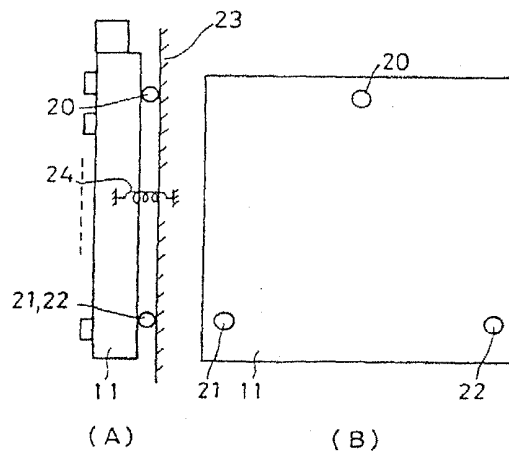
第 3 図



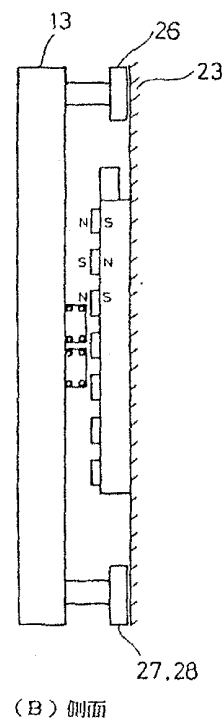
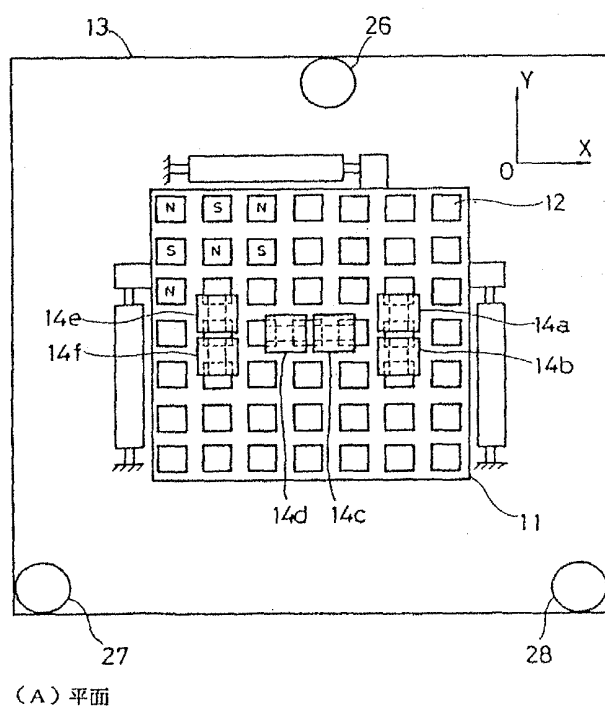
駆動タイミングチャート  
第4図



結合手段  
第5図

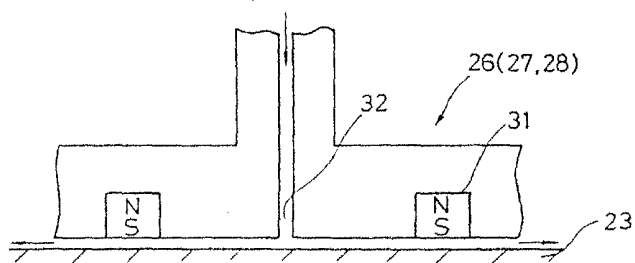


ヨーク支持系  
第6図

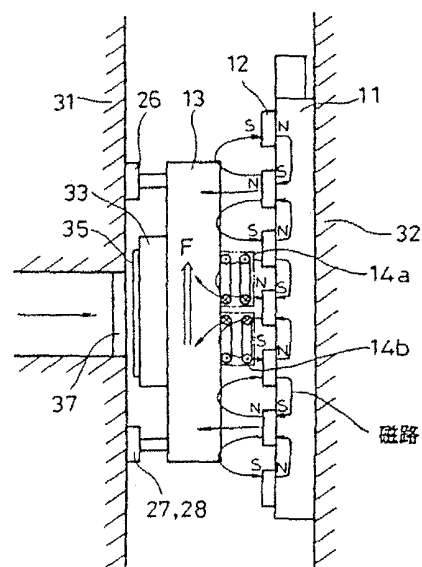


2次元モーター式ステージ  
第7図





エアパッド  
第 8 図



SOR用垂直型ステージ  
第 9 図